



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 20 089 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**H 01 M 8/04**  
H 01 M 8/02

21 Aktenzeichen: 100 20 089.3  
22 Anmeldetag: 22. 4. 2000  
43 Offenlegungstag: 31. 10. 2001

DE 100 20 089 A 1

71 Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Docter, Andreas, Dr.-Ing., 89077 Ulm, DE; Wiesheu,  
Norbert, Dipl.-Ing., 89312 Günzburg, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum dosierten Einbringen eines Flüssigkeitsvolumenstroms in ein System

57 Ein Verfahren dient zum dosierten Einbringen eines Flüssigkeitsvolumenstroms in ein System oder eine Komponente, insbesondere einen Verdampfer eines Gaserzeugungssystems einer mobilen Brennstoffzellenanlage. Das System oder die Komponente wirkt mit Druckpulsationen auf den Flüssigkeitsvolumenstrom zurück. Ein Kreislaufvolumenstrom wird von einem Vorratstank zu einem Verzweigungsbereich und zurück zu dem Vorratstank gefördert. Von dem Verzweigungsbereich gelangt der Flüssigkeitsvolumenstrom zu dem System oder der Komponente, in welche er in einer zu jedem Zeitpunkt vorgegebenen Menge dosiert wird. Der Flüssigkeitsvolumenstrom wird viel kleiner gewählt als der Kreislaufvolumenstrom.

DE 100 20 089 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum dosierten Einbringen eines Flüssigkeitsvolumenstroms in ein System oder eine Komponente, insbesondere einen Verdampfer in einem Gaserzeugungssystem einer Brennstoffzellenanlage, welche mit Druckpulsationen auf den Flüssigkeitsvolumenstrom zurückwirkt. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des oben genannten Verfahrens.

[0002] Aus der DE 44 25 634 C1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum dosierten Zuführen von flüssigen Reaktanten, wie beispielsweise Methanol und/oder Wasser, zu einem Brennstoffzellensystem bekannt. Dabei wird mit Hilfe einer Förderpumpe ein konstanter Massenstrom aus einem Vorratsbehälter in eine Förderleitung gefördert. Der Differenzdruck zwischen Förderleitung und Brennstoffzellensystem wird mit Hilfe eines Differenzdruckreglers, der in einer zwischen Förderleitung und Vorratsbehälter vorgesehenen Rückführleitung angeordnet ist, auf einen vorgegebenen Wert eingestellt. Die zuzuführende Methanol- und/oder Wassermenge kann dann z. B. durch Variation der Öffnungs- und Schließzeiten eines als Dosierventil eingesetzten Magnetventils eingestellt werden.

[0003] Derartige Aufbauten weisen immer den Nachteil auf, daß sie nur sehr ungenügend auf Druckpulsationen reagieren können, welche durch die Komponenten, in welche die Flüssigkeit zudosiert wird, auf die Vorrichtung zum dosierten Einbringen zurückwirken. Insbesondere gilt dies bei der Zudosierung von Flüssigkeiten, wie beispielsweise Wasser und/oder flüssiger Kohlenwasserstoff, in einen Verdampfer, z. B. den Verdampfer eines Gaserzeugungssystems einer Brennstoffzellenanlage. Durch die schlagartige Verdampfung der Flüssigkeit in dem Verdampfer werden Druckstöße erzeugt, welche auf die Vorrichtung zum dosierten Einbringen zurückwirken. Dadurch wird es praktisch unmöglich, eine gewünschte vorgegebene Dosierfördermenge exakt einzuhalten, da bei den im allgemeinen recht flachen Kennlinien der Dosiereinrichtungen, wie z. B. Düsen, bereits eine geringe Druckpulsation eine sehr große Variation in dem dosierten Volumenstrom zur Folge hat.

[0004] Um dennoch eine möglichst gute Dosiergenauigkeit in einem derartigen Flüssigkeitsreaktionsraum zu erreichen, kann man zusammen mit den Dosiereinrichtungen nur entsprechende Dosierpumpen einsetzen, welche eine sehr steile Förderkennlinie aufweisen. Dies bedeutet also, daß je steiler die Förderkennlinie ist, desto weniger sich die Druckschwankungen auf die Variation der Fördermenge der Dosierpumpe auswirken.

[0005] Nun liegt jedoch die Problematik darin, daß alle Pumpen die vergleichsweise steile Kennlinien aufweisen, engste Toleranzen, exakte Ventile, mehrere Pumpenelemente, elektrische Steuerungen usw. besitzen. Diese Komponenten stellen damit ausgesprochen teure Elemente dar. Außerdem kommen dazu noch pumpenspezifische Nachteile, z. B. bei einer Membranpumpe, welche eine sehr steile Kennlinie aufweist, liegen diese pumpenspezifischen Nachteile im Bereich der Fördercharakteristik. Dabei wird pro Umdrehung des Pumpenkopfes jeweils nur ein Förderimpuls an der Membran getätigt. D. h. die Förderung und damit der zudosierte Volumenstrom ist nicht kontinuierlich, sondern ein in sich bereits gemäß den Förderimpulsen pulsierender Volumenstrom. Dies kann nur mittels mehrerer sich überlagernder Pumpenelemente vermieden werden. Der Nachteil einer derartigen Anordnung liegt dabei wieder im Bauvolumen, im Gewicht sowie den damit verbundenen Kosten.

[0006] Speziell für den Einsatz in einem Brennstoffzel-

lenssystem für eine mobile Anwendung, also im Bereich der Kohlenwasserstoffreformierung für ein Brennstoffzellenfahrzeug, wirken sich derartige Nachteile gravierend aus.

[0007] Ein weiterer Nachteil tritt zusätzlich dann auf, wenn als Dosiereinrichtung eine Düsenzerstäubung eingesetzt wird. Aufgrund der Systemdruckschwankungen wird hier nicht nur die Dosiergenauigkeit nachteilig beeinflusst, sondern aufgrund der Charakteristik der Düse kommt es durch die Druckschwankungen hinter der Düse zusätzlich zu einer sehr nachteiligen Beeinflussung der Zerstäubungsgüte bzw. -qualität einer derartigen Düse.

[0008] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum dosierten Einbringen eines Flüssigkeitsvolumenstroms in ein System oder eine Komponente, welche mit Druckpulsationen auf den Flüssigkeitsvolumenstrom zurückwirkt, zu schaffen, welches einen einfachen und kostengünstigen Aufbau bei geringem Gewicht und bei geringem Bauraum erlaubt, und welches ein sehr genaues Einhalten einer zu dem jeweiligen Zeitpunkt vorgegebenen Dosiermenge ermöglicht. Außerdem ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

[0010] Durch die Anpassung des Verhältnisses der Volumenströme, also des Kreislaufvolumenstroms, welcher sich dann in den zu dosierenden Flüssigkeitsvolumenstrom bzw. Systemvolumenstrom und einen zu dem Vorratstank zurückströmenden Tankrücklaufvolumenstrom aufteilt, kann eine Entkoppelung der Druckpulsationen von der Dosiergenauigkeit erreicht werden. Dazu wird der Systemvolumenstrom im Verhältnis zu dem Tankrücklaufvolumenstrom sehr klein gehalten. Somit verursacht eine Änderung in dem Systemvolumenstrom, welche durch die von dem System oder von der Komponente zurückwirkenden Druckpulsationen verursacht wird, und welche im Vergleich zu dem sehr viel größeren Tankrücklaufvolumenstrom sehr klein ist, nur eine minimale Pulsation in dem eigentlichen von der Pumpe erzeugten Kreislaufvolumenstrom. Der anhand dieses Kreislaufvolumenstroms eingestellte Betriebspunkt der Pumpe in dem Dosierkreislauf wird dadurch also nur sehr geringfügig verschoben.

[0011] Erfindungsgemäß erreicht man so also ein sehr preiswertes und einfaches Verfahren, welches es erlaubt, unabhängig von den aus der Komponente oder dem System auf die Flüssigkeitsdosierung zurückwirkenden Druckpulsationen einen zum jeweiligen Zeitpunkt vorgegebenen Flüssigkeitsvolumenstrom zu dosieren. Dieses Verfahren läßt sich grundsätzlich für alle Flüssigkeitsdosierungen einsetzen, findet seinen besonderen Vorteil jedoch bei der Dosierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen und Wasser in den Gaserzeugungssystemen von mobilen Brennstoffzellenanlagen, bei denen sich die Vorteile bezüglich Kosten, Gewicht, Robustheit und geringem Bauraum als besonders wertvoll erweisen.

[0012] In einer weiteren sehr günstigen Ausgestaltung des Verfahrens kann dabei ein Differenzdruck zwischen einem Druck nach der Dosiereinrichtung und einem Druck vor dem Verzweigungsbereich bzw. nach der Pumpe ermittelt werden. Und in einer weiteren sehr günstigen Weiterbildung davon kann dann die Pumpe, welche die Flüssigkeitsvolumenströme aufrecht erhält, in ihrer Drehzahl in Abhängigkeit dieses Differenzdrucks geregelt werden.

[0013] Da dieser Differenzdruck im Vergleich zu dem Förderdruck der Pumpe selbst nur sehr geringe Schwankungen aufweist, läßt sich dieser leicht erfassen und mittels einer einfachen und schnellen Regelung entsprechend der Pumpendrehzahl nachführen. Da diese für die Regelung er-

forderliche Drehzahländerung im Vergleich zu einer reinen drehzahlgeregelten Anordnung wesentlich geringer ist, kann diese Regelung hochdynamisch erfolgen und der Differenzdruck und damit der dosierte Flüssigkeitsvolumenstrom kann in einem sehr engen Band wenigstens annähernd konstant gehalten werden.

[0014] Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 5 genannten Merkmale.

[0015] Der darin beschriebene Aufbau ist einfach, sehr robust, kostengünstig und bezüglich seines Bauraums in einer sehr geringen Ausdehnung herzustellen. Insbesondere für den bevorzugten Einsatzzweck der Vorrichtung, nämlich für die Dosierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen und/oder Wasser in ein Reformierungssystem einer mobilen Brennstoffzellenanlage, ergeben sich damit die beim Verfahren bereits angesprochenen erfindungsgemäßen Vorteile.

[0016] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen und dem anhand der Zeichnung nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiel.

[0017] Es zeigt:

[0018] Fig. 1 einen möglichen Aufbau einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und [0019] Fig. 2 eine Darstellung der Anpassung der Volumenströme in einem Systemdruck-Volumenstrom-Diagramm.

[0020] Fig. 1 zeigt eine prinzipmäßige Darstellung einer Vorrichtung, mittels welcher ein Verfahren zum dosierten Einbringen eines Flüssigkeitsvolumenstroms  $dV_1/dt$  in ein System oder eine Komponente 1, welche hier nur prinzipmäßig angedeutet ist und einen stark schwankenden Systemdruck  $p_{sys}$  aufweist, realisiert werden kann.

[0021] Gegen diesen Systemdruck  $p_{sys}$  wird über eine Dosiereinrichtung 2 der Flüssigkeitsvolumenstrom bzw. Systemvolumenstrom  $dV_1/dt$  zudosiert. Der Systemvolumenstrom  $dV_1/dt$  stammt dabei aus einem Vorratsbehälter 3, von dem aus eine Pumpe 4 einen Kreislaufvolumenstrom  $dV_2/dt$  mit einem entsprechenden Druck  $p$  fördert. Der Kreislaufvolumenstrom  $dV_2/dt$  durchströmt dann einen optionale Filtereinrichtung 5 bevor er zu einem Verzweigungsbereich 6 gelangt und sich dort in den Systemvolumenstrom  $dV_1/dt$  und einen Tankrücklaufvolumenstrom  $dV_3/dt$  aufteilt. In den Leitungen des Tankrücklaufvolumenstroms  $dV_3/dt$  ist ein Druckhalteventil 7 angeordnet, über welches sich der Tankrücklaufvolumenstrom  $dV_3/dt$  einstellen läßt.

[0022] Prinzipiell ist als Ausführungsform für die Dosiereinrichtung 2 ein Dosierventil, z. B. ein Magnetventil oder dergleichen, genauso denkbar, wie eine Dosierdüse, welche neben der Dosierung gleichzeitig eine Zerstäubung des zu dosierenden Mediums beim Eintritt in das System bzw. die Komponente 1 bewirkt.

[0023] Für die Pumpe 4 sind sämtliche an sich bekannte Formen von Fördereinrichtungen denkbar, wobei sich hier insbesondere der Aufbau der Pumpe 4 als Kreisel-, Zahnrad-, Flügelzellen- oder Membranpumpe anbietet.

[0024] Die Filtereinrichtung 5 kann je nach Erfordernissen an den entsprechenden Kreislauf auch an einer anderen Stelle angeordnet sein oder es kann bei entsprechenden, sauberen Ausgangsstoffen auf den Einsatz einer Filtereinrichtung 5 gänzlich verzichtet werden.

[0025] Zusätzlich zu den bisher beschriebenen Komponenten kann der Bereich des Tankrücklaufvolumenstroms  $dV_3/dt$  zusätzlich eine optionale Kühleinrichtung 8 aufweisen. Diese Kühleinrichtung 8 macht insbesondere beim Einsatz des Kreislaufes bei einer Dosierung der flüssigen Kohlenwasserstoffe für eine Benzin-Reformierung Sinn, da auf diese Weise durch die Kühleinrichtung 8 eine Aerosolbil-

dung in dem Benzin genauso verhindert werden kann, wie ein vorzeitiges Aufbrechen der Kohlenwasserstoffketten, ein sogenanntes "Cracken", welches die kontrollierte Reformierung des Benzins in dem System oder der Komponente 1 beeinträchtigen würde.

[0026] Wird nun der Systemvolumenstrom  $dV_1/dt$  gegenüber dem Tankrücklaufvolumenstrom  $dV_3/dt$  sehr klein gewählt, so können die in dem Systemdruck  $p_{sys}$  wirkenden Druckpulsationen, welche aus der Komponente 1, beispielsweise einem Verdampfer, stammen und beim schlagartigen Übergang von Flüssigkeitströpfchen in Dampf entstehen, den Druck  $p$  im Kreislaufvolumenstrom  $dV_2/dt$  und damit den Betriebspunkt der Pumpe 4 nur minimal verändern.

[0027] In dem Diagramm dieser Anpassung der Volumenströme in gemäß Fig. 2 kennzeichnen die gestrichelten Linien  $n_1$ ,  $n_2$  und  $n_3$  die Kennlinien der Pumpe 4 bei konstanter Drehzahl. Bei einem mittleren Gegendruck aus dem System  $p_{sys}$  1 wird sich auf der  $dV_2/dt$ -Linie des Kreislaufvolumenstroms ein Betriebspunkt B einstellen. Zu diesem Betriebspunkt gehört dann ein entsprechender Systemvolumenstrom  $dV_1/dt$  gemäß dessen Kennlinie sowie ein Tankrücklaufvolumenstrom  $dV_3/dt$ . Kommt es nun zu Schwankungen  $dp_{sys}$  in dem Systemdruck, so wird der Betriebspunkt B auf der Kennlinie  $n_3$  der Pumpe 4 verschoben und verursacht damit eine Druckschwankung  $d(dV_2/dt)$  im Kreislaufvolumenstrom  $dV_2/dt$ . Da jedoch der Systemvolumenstrom  $dV_1/dt$  in der Art an den Kreislaufvolumenstrom  $dV_2/dt$  angepaßt ist, daß er um ein vielfaches kleiner als der Kreislaufvolumenstrom  $dV_2/dt$  im jeweiligen Betriebspunkt B ist, wird erreicht, daß sich die durch den Systemdruck verursachte Druckschwankung  $dp_{sys}$  nur in einer minimalen Druckschwankung  $d(dV_1/dt)$  des Systemvolumenstroms  $dV_1/dt$  auswirkt.

[0028] Zusätzlich zu dieser Minimierung der Druckschwankung  $d(dV_1/dt)$  des Systemvolumenstroms  $dV_1/dt$  kann eine weitere Gegenmaßnahme ergriffen werden, welche wiederum in Fig. 1 prinzipmäßig angedeutet ist. Dabei wird, wie bereits oben erläutert, der Druck  $p$  vor dem Verzweigungspunkt 6 und der Systemdruck  $p_{sys}$  im Bereich zwischen der Dosiereinrichtung 2 und dem System oder der Komponente 1 oder in dem System oder der Komponente 1 direkt gemessen. Gemäß der punktiert angedeuteten Linie wird aus diesen beiden gemessenen Drücken  $p$ ,  $p_{sys}$  eine Druckdifferenz  $dp$  ermittelt. Diese Druckdifferenz  $dp$  wird von einer Regeleinheit 9 erfaßt und zu einer Regelung der Drehzahl  $n_M$  eines die Pumpe 4 antreibenden Motors 10 genutzt.

[0029] Gegenüber einer reinen Drehzahlregelung der Pumpe 4 ohne eine Reduzierung der Druckschwankung  $d(dV_1/dt)$  des Systemvolumenstroms  $dV_1/dt$  über die Anpassung der Volumenstromverhältnisse ergibt sich nur eine sehr geringen Schwankungen der Druckdifferenz  $dp$ . Diese geringe Schwankung kann über die Regeleinheit 9 mittels einer sehr schnellen und hochdynamischen Regelung der Drehzahl  $n_M$  des Motors 10 und damit einer sehr schnellen und hochdynamischen Anpassung der Förderleistung der Pumpe 4 ausgeregelt werde, da nur sehr viel kleinere Drehzahländerungen erfolgen müssen, um erforderlich sind den Systemvolumenstrom  $dV_1/dt$  bzw. die Druckdifferenz  $dp$  konstant zu regeln, als dies bei der oben angesprochenen reinen Drehzahlregelung der Pumpe 4 der Fall wäre.

[0030] Zwar verursacht dieser Aufbau einen vergleichsweise hohen Bedarf an Förderleistung, da ein großer Teil des Kreislaufvolumenstroms  $dV_2/dt$ , nämlich der Tankrücklaufvolumenstrom  $dV_3/dt$  ungenutzt in dem System zirkuliert, andererseits wird so bei vergleichsweise kleinem Bauraum die Möglichkeit geschaffen, mit einem einfachen und kostengünstigen Aufbau eine sehr hohe Dosiergenauigkeit, un-

abhängig von den Pulsationen des Systemdrucks  $p_{\text{sys}}$  zu erreichen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum dosierten Einbringen eines Flüssigkeitsvolumenstroms in ein System oder eine Komponente (1), insbesondere einen Verdampfer, in einem Gaserzeugungssystem einer Brennstoffzellenanlage, welche mit Druckpulsationen auf den Flüssigkeitsvolumenstrom ( $dV_1/dt$ ) zurückwirkt, wobei ein Kreislaufvolumenstrom ( $dV_2/dt$ ) von einem Vorratstank (3) mittels einer Pumpe zu einem Verzweigungsbereich (6) und zurück zu dem Vorratstank (3) gefördert wird, wobei von dem Verzweigungsbereich (6) der Flüssigkeitsvolumenstrom ( $dV_1/dt$ ) zu dem System oder der Komponente (1) gelangt, in welche er in einer zu jedem Zeitpunkt vorgegebenen Menge zudosiert wird, und wobei der Flüssigkeitsvolumenstrom ( $dV_1/dt$ ) sehr viel kleiner als der Kreislaufvolumenstrom ( $dV_2/dt$ ) gewählt wird. 5 10 15 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Differenzdruck ( $dp$ ) zwischen dem Druck ( $p_{\text{sys}}$ ) nach einer Dosiereinrichtung (2) und dem Druck ( $p$ ) vor dem Verzweigungsbereich (6) ermittelt wird. 25
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumenströme ( $dV_1/dt$ ,  $dV_2/dt$ ,  $dV_3/dt$ ) mittels der Pumpe (4) aufrechterhalten werden, wobei die Drehzahl ( $n_M$ ) der Pumpe in Abhängigkeit des Differenzdrucks ( $dp$ ) geregelt wird. 30
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Bereich zwischen dem Verzweigungspunkt (6) und dem Vorratsbehälter (3) der Kreislaufvolumenstrom/Tankrücklaufvolumenstrom ( $dV_3/dt$ ) gekühlt wird (Kühleinrichtung 8). 35
5. Vorrichtung zum dosierten Einbringen von Flüssigkeiten nach dem in den Ansprüchen 1 bis 4 beschriebenen Verfahren, dadurch gekennzeichnet, daß der Kreislaufvolumenstrom ( $dV_2/dt$ ) von der Pumpe (4) zu dem Verzweigungsbereich (6) förderbar ist, wobei zwischen dem Verzweigungsbereich (6) und dem Vorratsbehälter (3) ein Druckhalteventil (7) angeordnet ist, und wobei zwischen dem Verzweigungsbereich (6) und dem System oder der Komponente (1), in welche die Flüssigkeit zudosierbar ist, eine Dosiereinrichtung (2) angeordnet ist. 40 45
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Dosiereinrichtung (2) als Dosierventil ausgebildet ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Dosiereinrichtung (2) als Düsenzerstäuber ausgebildet ist. 50
8. Vorrichtung nach Anspruch 5, 6 oder 7 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Pumpe (4) und dem Verzweigungsbereich (3) eine Filtereinrichtung (5) angeordnet ist. 55
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe (4) drehzahlregelbar ausgebildet ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

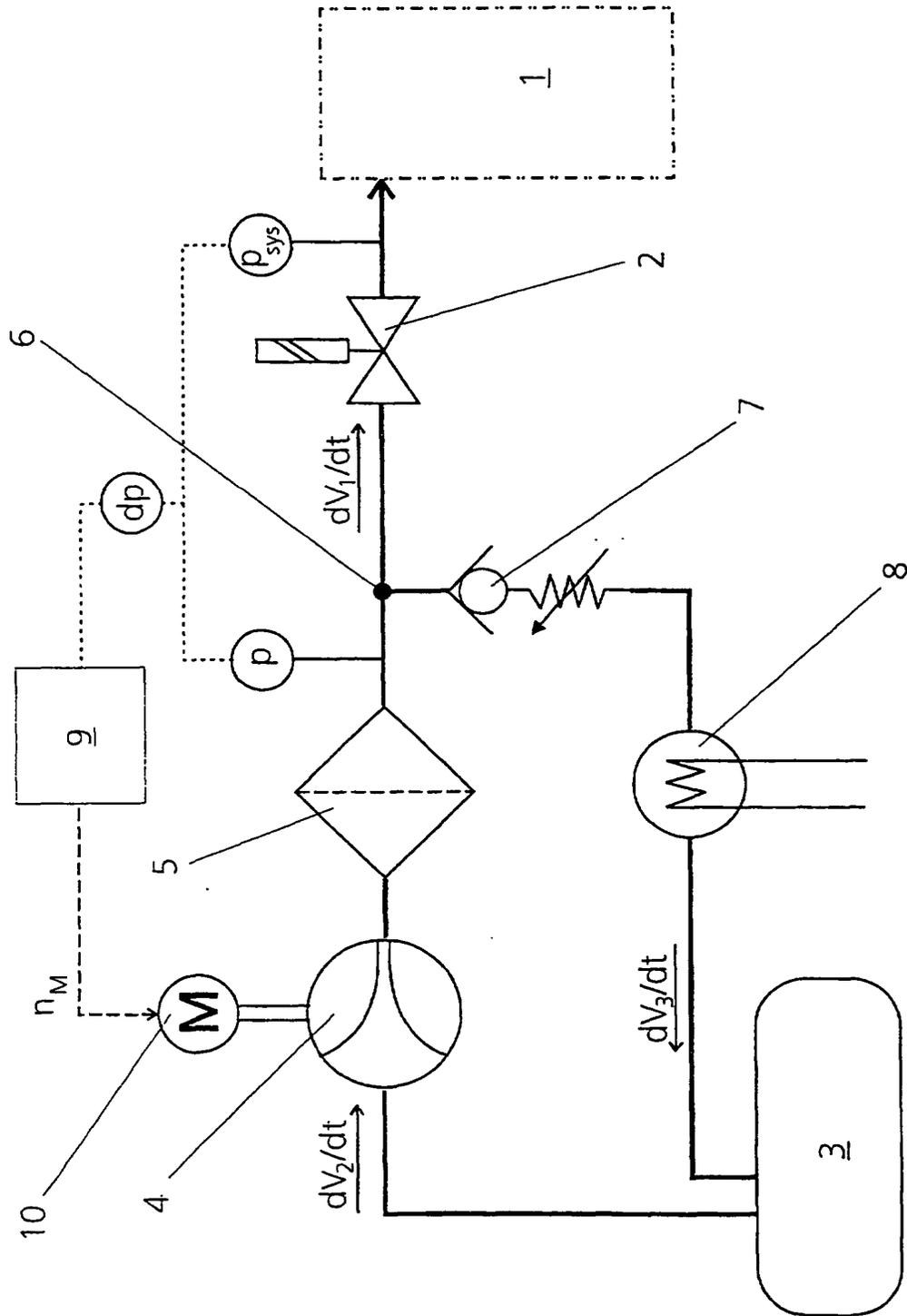


Fig. 1

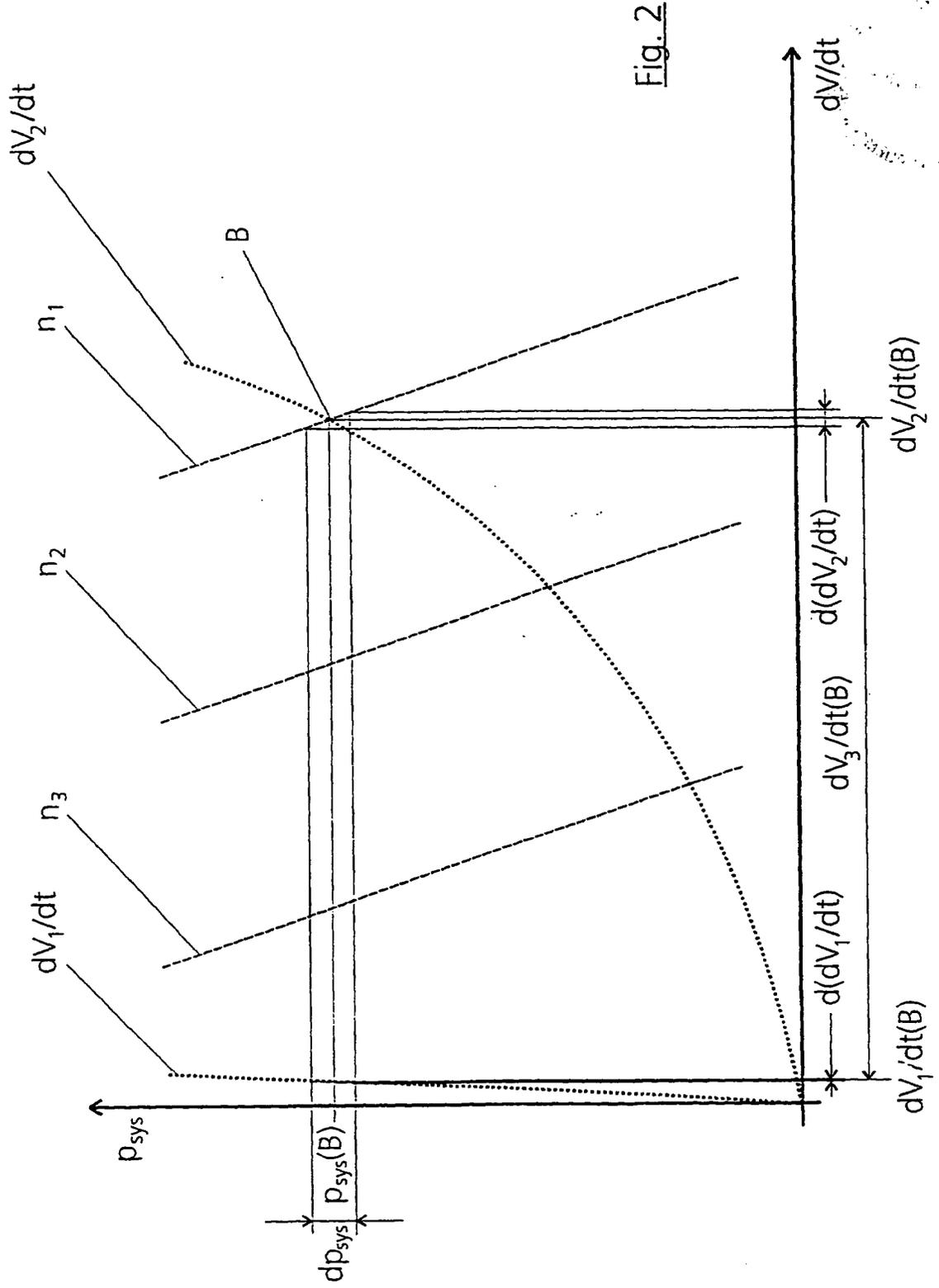


Fig. 2